

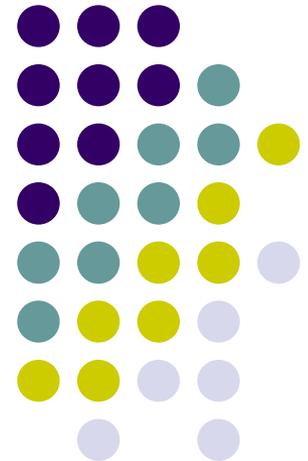
Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»  
Химико-биологический факультет  
Кафедра биохимии и микробиологии

# Микроорганизмы в природных экосистемах и их использование при решении экологических проблем

Часть 1: Микроорганизмы водной среды

## Лекция 11

Лектор: Давыдова Ольга Константиновна, к.б.н., доцент



# План лекции:



- **Микроорганизмы водоемов**
  - История исследования водных микроорганизмов.
  - Уникальные свойства воды. Гидрологический цикл.
  - Характеристики водоемов.
  - Гидромикрофлора и ее особенности.
  - Методы санитарно-микробиологического контроля качества вод
    - Определение физико-химических показателей.
    - Описание и консервация проб
    - Определение чистоты воды
    - Санитарно-показательные микроорганизмы
- **Биологические методы очистки сточных вод**
  - Типы сооружений и процессов по биологической очистке стоков (аэробные, анаэробные и смешанные).
  - Виды биологической ассоциации очистных сооружений.
- **Современные методы очистки грунтовых вод**

# История исследования водных микроорганизмов



- **Микроскопическое исследование** водных микроорганизмов началось в середине XIX в. (Ф. Кон). Первыми в поле зрения микроскопистов попали крупные нитчатые бактерии, как *Beggiatoa*, *Thioploca*, *Crenothrix*, *Sphaerotilus*, *Gallionella*, *Leptothrix*, *Peloploca*. Их развитие носит характер массовых обрастаний, легко идентифицируются и служат индикаторными формами для характеристики состояния водоема



## ***Sphaerotilus natans***

Образует длинные нити (до 1000 мкм, диаметр 1 - 2 мкм)

# История исследования водных микроорганизмов



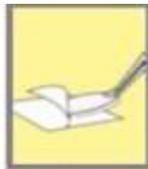
- Период **количественного учета** бактерий в воде. Сначала воду просто испаряли в цилиндре **на поверхности предметного стекла**. Следующим этапом в развитии прямых методов было использование **мембранных фильтров** из нитроцеллюлозы. Этот метод дал, во-первых, точное количественное представление о численности водных организмов, во-вторых, ясное представление об их морфологической разнообразии.
- Бактерии окрашивали эритрозином, фильтр подсушивали, просветляли иммерсионным маслом и под микроскопом подсчитывали бактерии. Метод этот в практику контроля водоснабжения ввел А.С. Разумов, а в очень широком масштабе для морей применил А.Е. Крисс. Сейчас предпочитают окрашивать бактерии на фильтре люминесцентными красителями и считать в эпифлуоресцентном микроскопе



1. Сглаживание подложки



2. Фламбирование оборудования



3. Вынимание фильтра



4. Укладка фильтра в держатель



5. Установка воронки



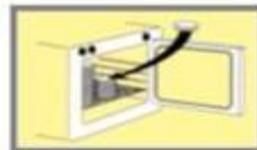
6. Фильтрация образца



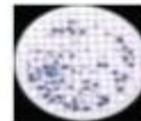
7. Вынимание фильтра



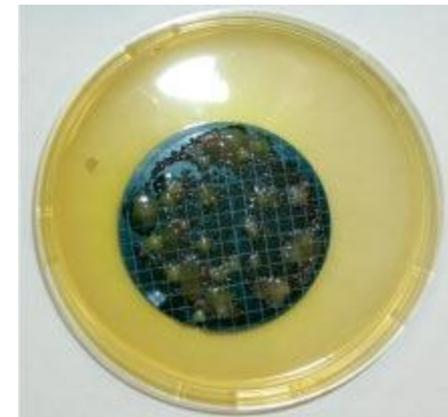
8. Укладка фильтра на подложку



9. Инкубирование



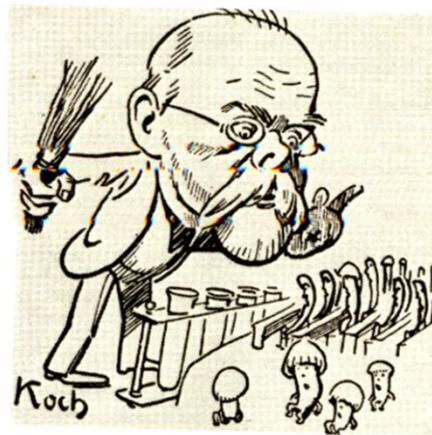
10. Подсчет выросших колоний



# История исследования водных микроорганизмов



- Прямому методу противостояли **методы культивирования Р.Коха с подсчетом числа колоний** на агаризованных средах и идентификацией индикаторных организмов во главе с *Escherichia coli* для установления «коли-титра». Численность бактерий, определенная методом высева, оказывается в 100-10000 раз ниже результатов прямого счета, в связи с тем, что культивируются не те организмы, которые наблюдаются в природе.



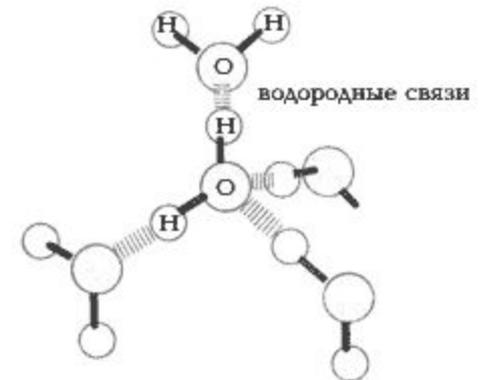
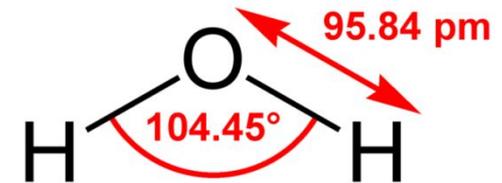
Дружеский шарж на Р.Коха: профессор Кох культивирует бактерии и грибы  
[www.sliderpoint.org](http://www.sliderpoint.org)

- Разработка **моле** филогенетического положения «некультивируемых» организмов. **И И**



# Вода – идеальная среда обитания микроорганизмов

- Бактерии не способны к жизнедеятельности вне жидкой воды.
- Водные микроорганизмы защищены от высыхания, резких изменений температуры и находятся в достаточно однородной среде, содержащей растворённые биологически важные вещества.
- Необычные свойства воды объясняются строением её молекулы.
- В жидкой фазе образуются агрегаты, в твёрдой – кристаллическая структура.
- Аномальная зависимость плотности от температуры,
- Теплопроводность,
- Полярность воды.

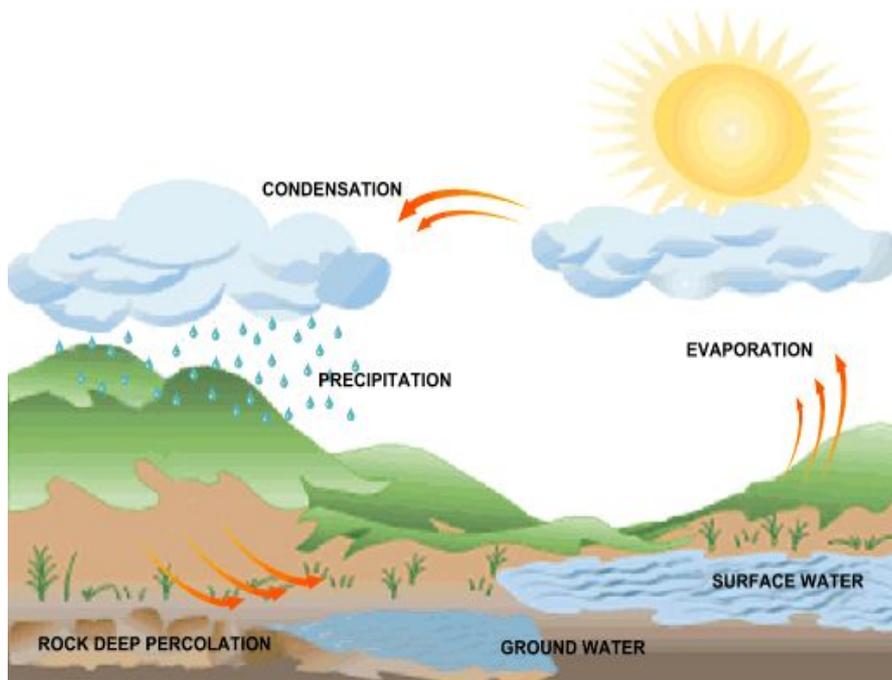


# Гидрологический цикл

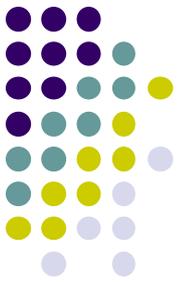


Микроорганизмы воды играют значительную роль в круговороте веществ, расщепляя органические вещества животного и растительного происхождения и обеспечивая питательными веществами другие организмы живущие в воде.

- Движущей силой цикла служит атмосферный перенос влаги за счет испарения с поверхности океана;
- Испаряющаяся вода приходит в равновесие с газами атмосферы, перераспределяется с потоками воздуха в атмосфере и, выпадает на поверхность суши;
- Выщелачивает горные породы, создавая кору выветривания и приходя в неполное равновесие с минералами поверхностных пород,
- Возвращается в океан в виде речного стока, обогащенного растворенными веществами и взвесью минералов ("твердым стоком").



# Характеристики водоёмов

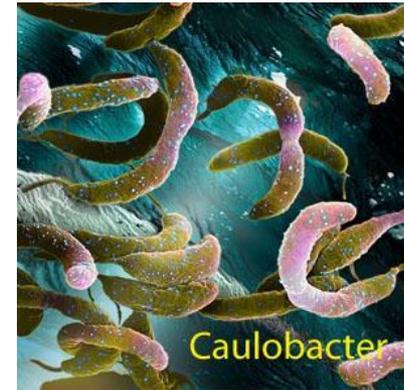


- Вода является естественной средой обитания микроорганизмов, состав и функции которых различны.

- **Эпилимнион**

На поверхности водоема микроорганизмы образуют пленку, в которой происходит фотосинтез, концентрируются эндогенные питательные вещества.

Совокупность микроорганизмов – **нейстон**.

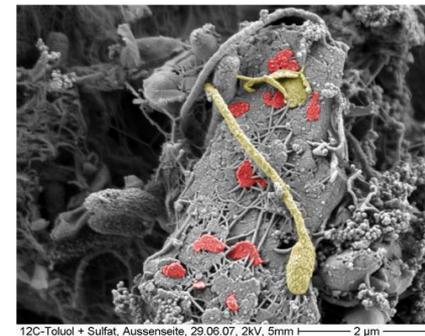


*Caulobacter crescentus*

© <http://2011.igem.org/Team:Grinnell>

- **Металимнион**

Содержание биогенных минеральных веществ выше, чем в эпилимнионе. Развитие аэробов лимитировано недостатком кислорода.

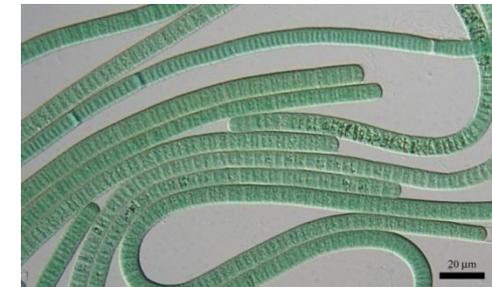


*Hyphomicrobium* sp.

© <https://dineshpanday.wordpress.com/2012/12/30/fertile-soil-doesnt-fall-from-the-sky-contribution-of-bacterial-remnants-to-soil-fertility-has-been-underestimated-until-now/121214091018-large/>

- **Гиполимнион**

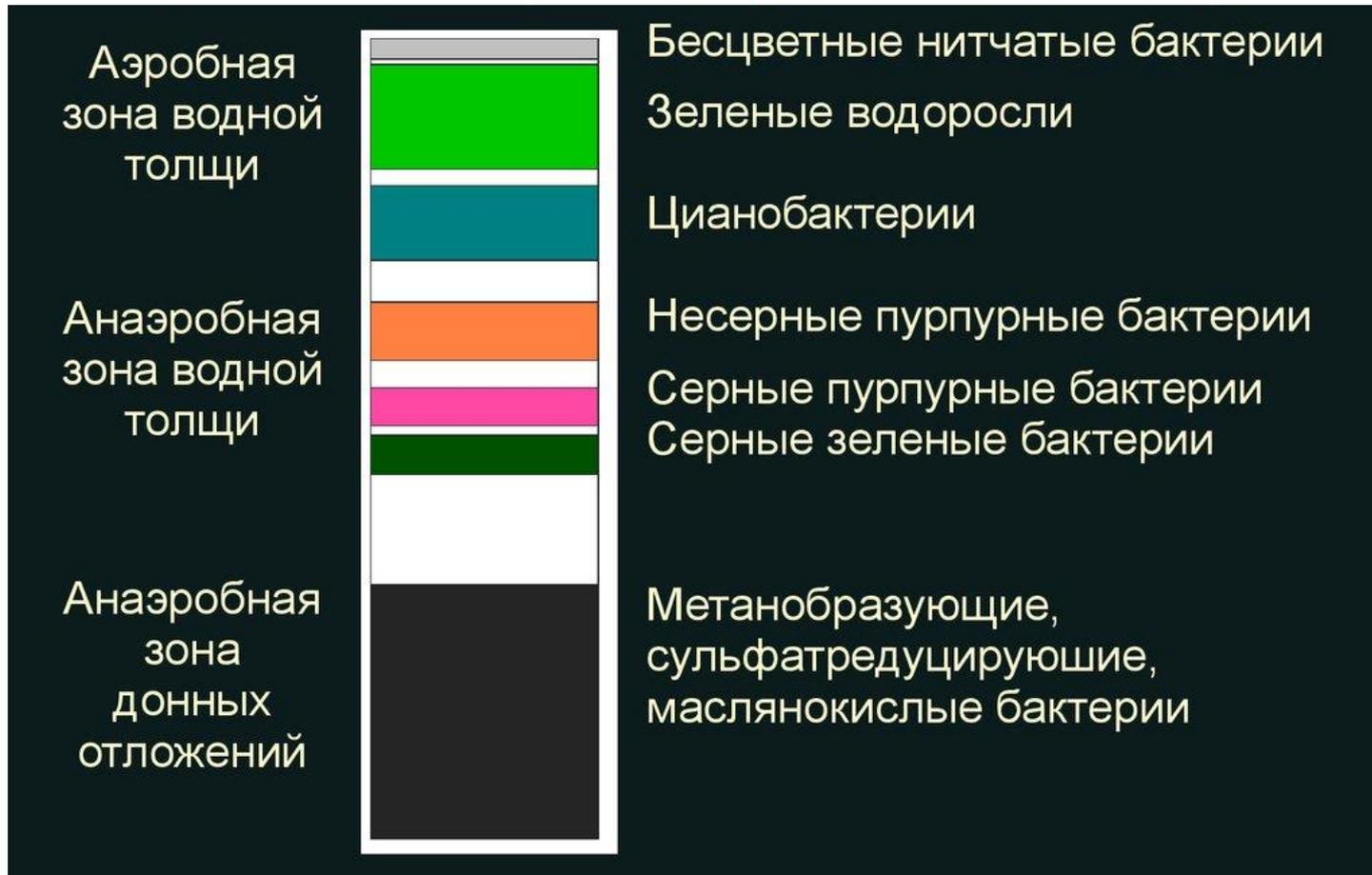
- На дне, особенно илистом, благоприятны анаэробные условия для гниения и брожения, хемоаутоτροφного, метилтрофного и гетеротрофного синтеза.



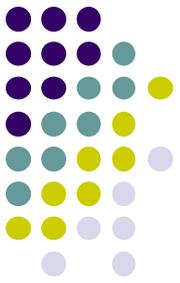
*Oscillatoria limosa*

© <http://ccala.butbn.cas.cz/en/oscillatoria-limosa-c-agardh-c>

# Вертикальное распределение бактерий

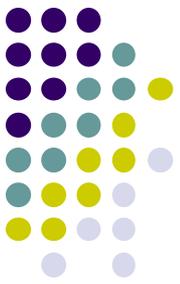


# Микроорганизмы водоёмов



- Степень распространённости микробов в воде зависит от многих условий.
- Глубокие **почвенные воды**, ключевая, артезианская вода почти свободны от микроорганизмов.
- Незначительно бывают загрязненными **атмосферные осадки**, так как снег и вода увлекают большинство микробов воздуха вместе с пылью и после выпадения осадков воздух особенно чист.
- Количественные соотношения микроорганизмов в **открытых водоемах** варьируют в широких пределах, что зависит от типа водоема, степени его загрязнения, смены метеорологических условий сезона и т.д.
  - В реках вода загрязняется больше всего отбросами населенных пунктов.
  - В озерах, особенно прудах и болотах вода не всегда содержит большое количество микроорганизмов. В озерной воде отмечается четкое вертикальное распределение бактерий.
  - Вполне понятно, что в открытые водоемы большинство микробов попадает из почвы. Поэтому в озерах, прудах, реках больше всего микробов у берегов.

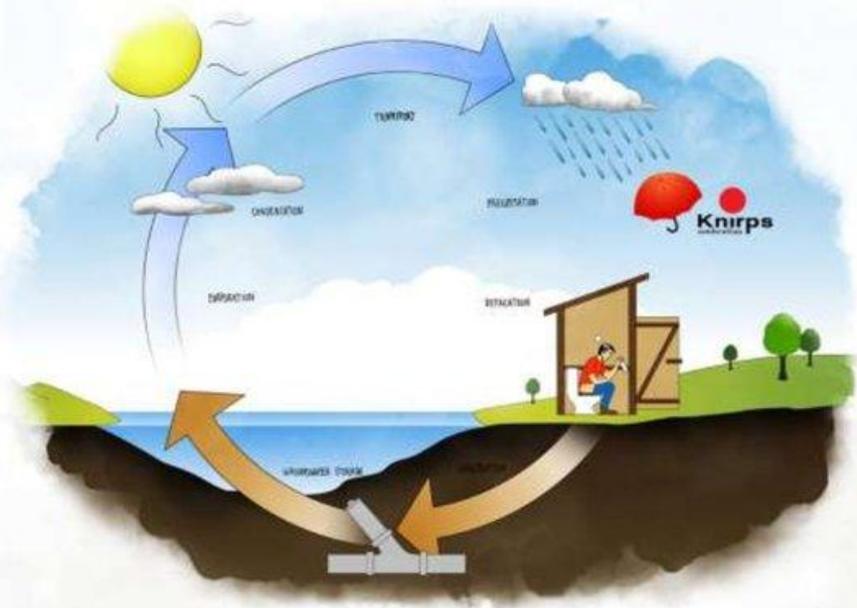
# Группы микроорганизмов водоемов по Д.Берджи



# Факторы, влияющие на микроорганизмы

- Интенсивность обсеменения воды микроорганизмами и состав микрофлоры зависит от многих факторов – от гидрохимических показателей, сезона года, уровня эвтрофности водоема, температуры воды, от степени загрязнения водоема сточными, хозяйственными и промышленными водами, от степени загрязнения органическими и неорганическими химическими соединениями и пр.
- Вблизи населенных мест количество микроорганизмов в воде особенно велико и видовой состав микробов более разнообразен.

• На количественный и качественный состав микрофлоры открытых водоемов деятельность человека оказывает большое влияние. Реки и другие открытые водоемы, расположенные в черте любого населенного пункта, подвергаются систематическому загрязнению стоками хозяйственных вод и фекальных нечистот



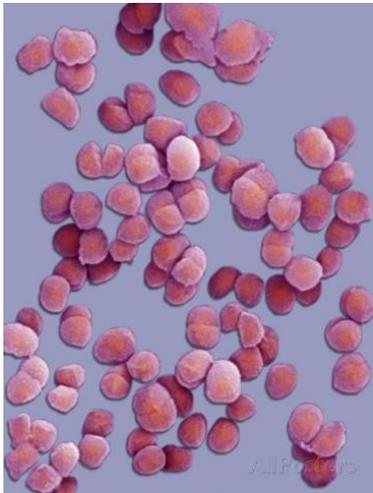
Микроорганизмы являются индикаторами гидрологических явлений в моря, океанах, пресных и других водоемах.



# Характеристики водных микроорганизмов



- **Автохтонная** или собственная микрофлора представлена микроорганизмами (см. рис.), постоянно живущими и размножающимися в воде. В состав этой группы входят *Micrococcus candidans*, *Sarcina lutea*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus cereus* и др.



*Sarcina lutea*

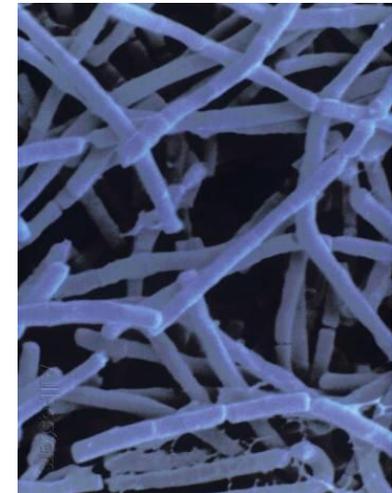
©

[http://www.allposters.com/-sp/Sarcina-Lutea-Bacteria-are-Gram-Positive-Cocci-SEM-X16-000-Posters\\_i9001554\\_.htm](http://www.allposters.com/-sp/Sarcina-Lutea-Bacteria-are-Gram-Positive-Cocci-SEM-X16-000-Posters_i9001554_.htm)



*Pseudomonas fluorescens*

© <http://www.evolvingstem.org/programs/>



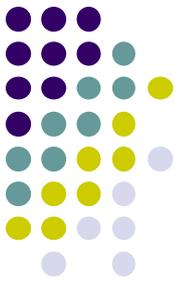
*Bacillus cereus*

©

[http://www.allposters.com/-sp/Bacillus-Cereus-Bacteria-Cause-Food-Poisoning-Posters\\_i6014784\\_.htm](http://www.allposters.com/-sp/Bacillus-Cereus-Bacteria-Cause-Food-Poisoning-Posters_i6014784_.htm)

- **Аллохтонная** или заносная микрофлора попадает в открытые водоемы из почвы, воздуха, организмов животных и человека и резко изменяет микробный биоценоз и санитарный режим.

# Загрязнение воды

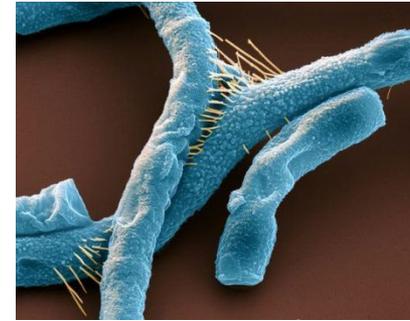


- Хотя вода и является **неблагоприятной средой** для существования **условнопатогенных и патогенных микроорганизмов**, отдельные их представители способны существовать в ней определенное время, а в некоторых случаях и размножаться.
- **Время выживания** микроорганизмов определяется:
  - — интенсивностью процессов самоочищения воды;
  - — таксономической принадлежностью самого микроорганизма (его биологическими свойствами: способностью к спорообразованию);
  - — устойчивостью к высушиванию или к солнечной радиации.

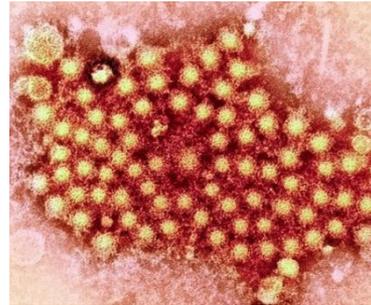
# Загрязнение воды



- Многие годы в воде могут сохраняться споры возбудителя сибирской язвы,
- несколько месяцев - энтеровирусы, сальмонеллы, лептоспиры,
- несколько недель - возбудители холеры, дизентерии, бруцеллеза.



Возбудитель сибирской язвы *Bacillus anthracis*  
 © <http://amolecularmatter.tumblr.com/post/24415505879/scanning-electron-micrograph-of-bacillus>

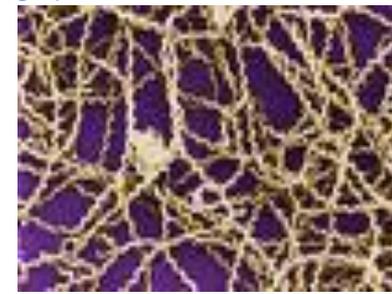


Энтеровирус типа 72  
 ©

<http://www.eurolab.ua/microbiology-virology-immunology/3664/3696/35369/>



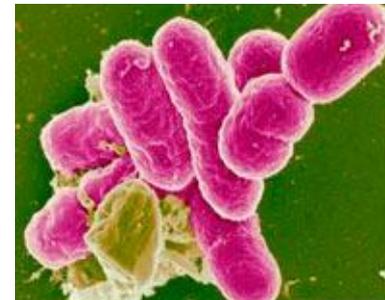
*Salmonella enteritidis*  
 © <https://en.wikipedia.org/wiki/Salmonella>



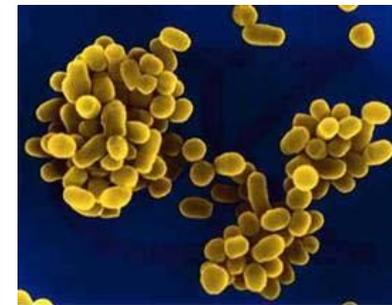
*Leptospira* sp.  
 © <https://en.wikipedia.org/wiki/Leptospirosis>



Возбудитель холеры - *Vibrio cholerae*  
 © <http://www.denniskunkel.com/DK/Bacteria/96527F.html>



дизентерии - *Shigella dysenteriae*  
 © <http://www.gastroscan.ru/handbook/118/3260>



бруцеллёза - *Brucella abortus*  
 © [http://web.mst.edu/~microbio/BIO221\\_2010/B\\_abortus.html](http://web.mst.edu/~microbio/BIO221_2010/B_abortus.html)

# Санитарно-микробиологический анализ объектов внешней среды



*Показатели, определяемые при анализе почвы, воды и воздуха:*

- Общее микробное число (ОМЧ)*
- Численность санитарно-показательных микроорганизмов.*
  - кишечная палочка (в воде и почве)*
  - энтерококки (в воде)*
  - гемолитические стрептококки и стафилококки (в воздухе)*

# Санитарно-микробиологический анализ воды



- **Исследованию подлежит** вода централизованного водоснабжения, колодцев, открытых водоемов, бассейнов, сточные воды.
- **Санитарно-микробиологическая оценка** проводится по схеме:
  - определение общего микробного числа (ОМЧ);
  - определение бактерий семейства Enterobacteriaceae и термотолерантных колиформных бактерий;
  - определение спор сульфитредуцирующих клостридий;
  - определение колифагов;
  - определение патогенных бактерий кишечной группы.

# Санитарно-микробиологический анализ воды



- При оценке чистоты **водопроводной воды** учитывают следующие показатели:
- - **ОМЧ** воды – количество клеток микроорганизмов, выросших из 1 мл воды на среде мясо-пептонный агар (МПА) при ее термостатировании в чашках Петри в течение суток при температуре 37 0С. Согласно ГОСТу ОМЧ водопроводной воды не должно превышать 100 КОЕ/л;
- - **коли-титр** (титр кишечной палочки) водопроводной воды должен быть не меньше 300, то есть в 300 мл воды может быть обнаружена только 1 кишечная палочка;
- - **коли-индекс** водопроводной воды не должен превышать 3, то есть в 1 л воды должно содержаться только 3 кишечных палочки;
- - **количество патогенов**, наличие которых в чистой водопроводной воде вообще не допускается.
  
- **Титр** —это наименьшее количество исследуемого субстрата, в котором обнаружен микроорганизм.
- **Индекс** — количество клеток искомого микроорганизма, обнаруживаемого в 1000 мл воды.

# Санитарно-показательные микроорганизмы

- Санитарно-показательные микроорганизмы, постоянно обитающие в естественных полостях тела человека и животных - это санитарно-показательные микроорганизмы кишечника (группа А) и верхних отделов дыхательных путей (группа Б).
- К **группе А** относятся кишечная палочка, энтерококк, *Clostridium perfringens*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Lactobacterium bifidum*, *Lactobacterium plantarum*, кишечный и дизентерийный бактериофаги, *Bacteroides* (*Risiiella*).
- **Группа Б** включает зеленящий стрептококк, гемолитический стрептококк, стафилококк.
- При бактериологическом исследовании воды учитывают несколько санитарно-показательных микроорганизмов:
- ***E. coli* и энтерококки** (показатели свежего фекального загрязнения воды);
- ***Cl. perfringens*** (показатель давнего фекального загрязнения);
- **бактерии из рода *Proteus*** (показатели загрязнения водоема органическими веществами животного происхождения или фекалиями человека);
- **кишечные фаги** (индикаторы возможного наличия в воде энтеровирусов).



# Определение общего-микробного числа (ОМЧ)



- Определение общего микробного числа воды можно проводить:
  - методом серийных десятикратных разведений с посевом на мясопептонный агар (МПА);
  - Для определения ОМЧ вносят два объема воды по 1 мл в стерильные чашки Петри, в которые выливают по 6-8 мл расплавленного и остуженного до 45 ° С . Содержимое чашки смешивают, оставляют до застывания агара и помещают в термостат на 24 ч. Подсчитывают количество колоний на чашках, вычисляют среднее арифметическое. Результат выражают числом КОЕ (колониеобразующих единиц) в 1 мл воды.

$$ОМЧ = K * P / V$$

где K- количество колоний на чашке Петри;  
P- фактор разведения;  
V- объем, засеваемый на чашку, мл



# Определение общего-микробного числа (ОМЧ)



- Определение общего микробного числа воды можно проводить:
  - методом прямого микроскопического подсчета микроорганизмов в исследуемой воде, например с помощью фильтра Зейтца.

$$X = S \cdot N \cdot 10^6 / S1 \cdot V$$

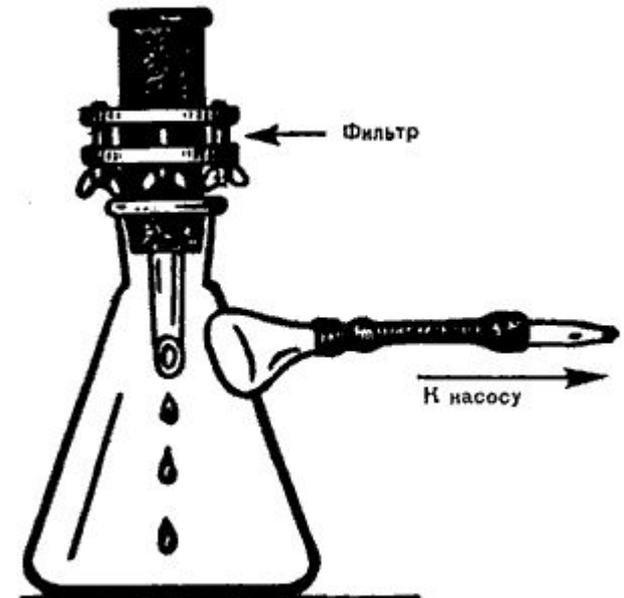
где  $S$  - фильтрующая площадь прибора ( $\text{мм}^2$ );

$10^6$  - переводной коэффициент квадратных миллиметров в квадратные микрометры;

$N$  - среднее количество бактерий в одном квадрате;

$S1$  - площадь квадрата окулярного микрометра ( $\text{мкм}^2$ );

$V$  - объем профильтрованной воды (мл).



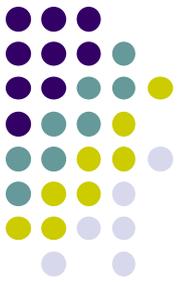
© <http://art-con.ru/node/336>

# Микробиологические нормативы питьевой воды



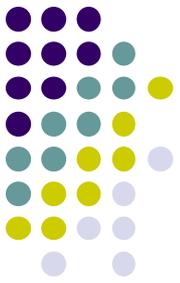
Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствуют
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствуют

# Очистка жидких отходов



- В Древнем Египте, Греции, Риме существовали канализационные системы, по которым отходы жизнедеятельности транспортировались в водоёмы.
- В Древнем Риме перед сбросом в реку канализационные стоки накапливали в пруде-отстойнике.
- В Средние века экскременты выливались на улицы, это вызывало загрязнение источников воды и приводило к возникновению эпидемий.
- В 19 в. изобретён туалет с водным смывом. Сточные воды стали собирать и удерживать в больших ёмкостях, осадок использовали как удобрение.
- В 20 в. разработаны первые простейшие методы очистки сточных вод – поля орошения и поля фильтрации, а также изобретены резервуары с принудительной аэрацией – аэротенки.

# Очистка жидких отходов



- Жидкие отходы образуются как результат жизнедеятельности человека и функционирования сельскохозяйственных и промышленных предприятий.
- Нередко сточные воды направляют в естественные водоёмы, они просачиваются в подземные воды. Природные воды обладают способностью к самоочищению, но это касается лишь незначительного количества отходов.
- Биологическая очистка сточных вод осуществляется в
  - Аэробных или
  - Анаэробных условиях.
- Биологическая очистка осуществляется в
  - Естественных (биологические пруды, поля орошения и поля фильтрации) или
  - Искусственно созданных сооружениях (метанотенки, аэротенки и биофильтры).

# Очистка сточных вод



# Биологическая очистка сточных вод



- **Принцип биологической очистки стоков** состоит в том, что при некоторых условиях микробы способны расщеплять органику до простых веществ, таких как вода, углекислый газ, т.д.
- Биологические методы очистки сточных вод могут быть разделены на два типа, по типам микроорганизмов, участвующих в переработке загрязнителей стоков:
- **1. аэробные биологические методы очистки промышленных и бытовых сточных вод**
- **2. очистка стоков анаэробными микроорганизмами**

# Очистка сточных вод

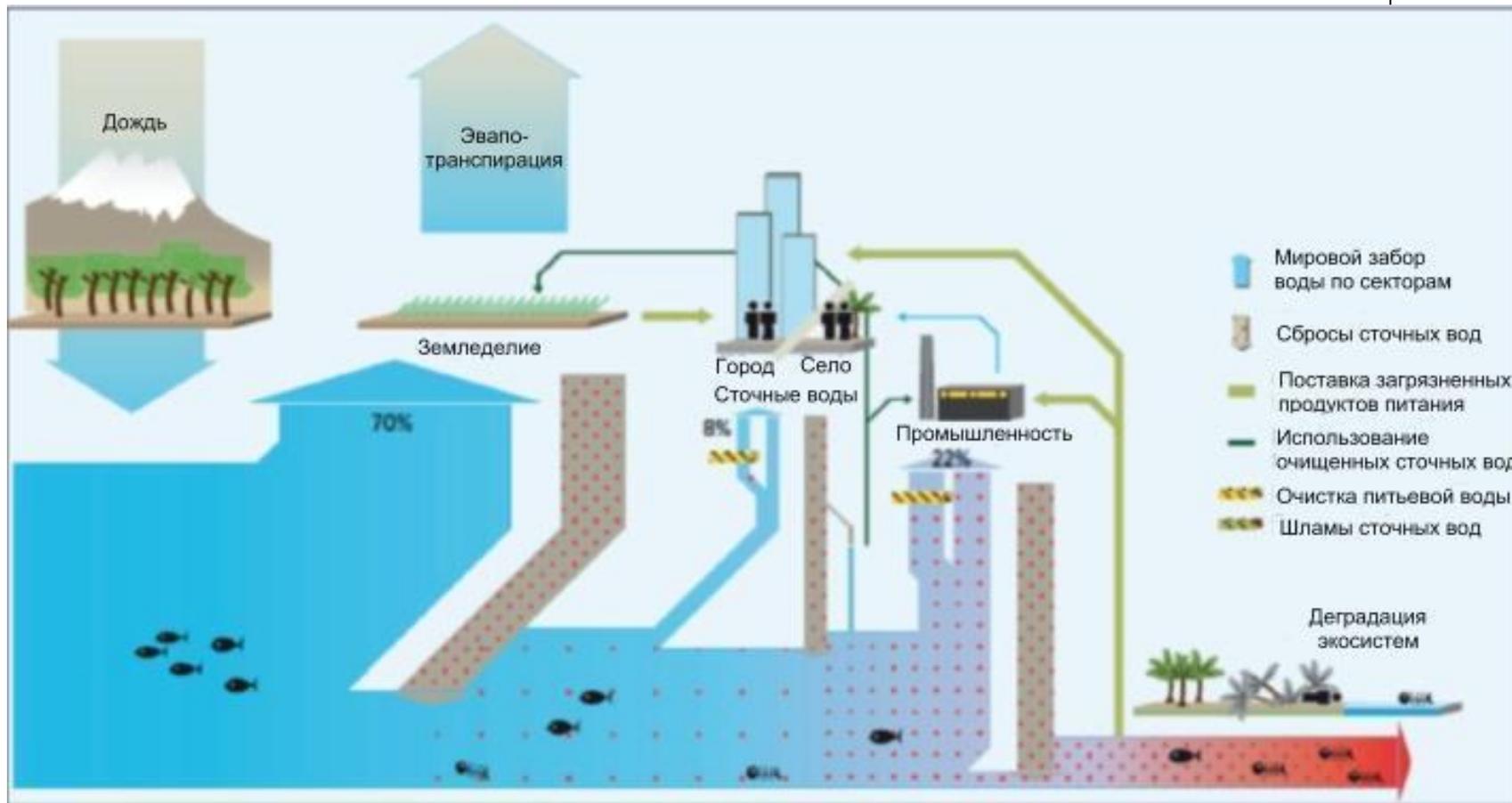


Рисунок 1.3.1: круговорот питьевой и сточных вод в городской зоне - забор воды и ее загрязнение стоками. Источник: ЮНЕП/ГРИД-Арендал (<http://maps.grida.no/go/graphic/freshwater-and-wastewater-cycle-water-withdrawal-and-pollutant-discharge>, подготовлено ЮНЕП/ГРИД-Арендал со ссылками на ВОЗ, ФАО, ЮНЕСКО и Международный институт управления водными ресурсами)

# Очистка сточных вод

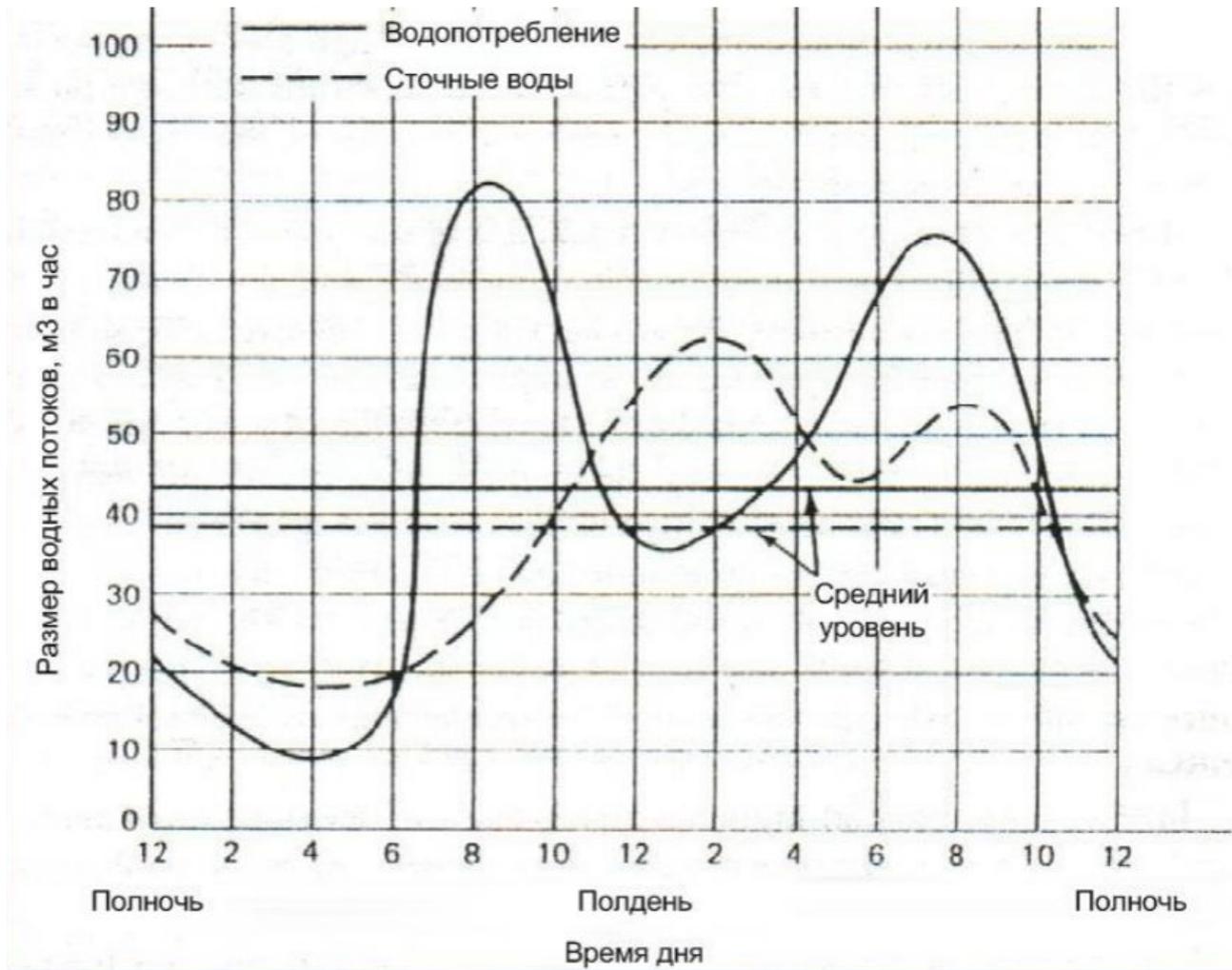
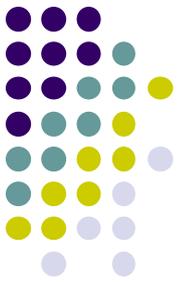
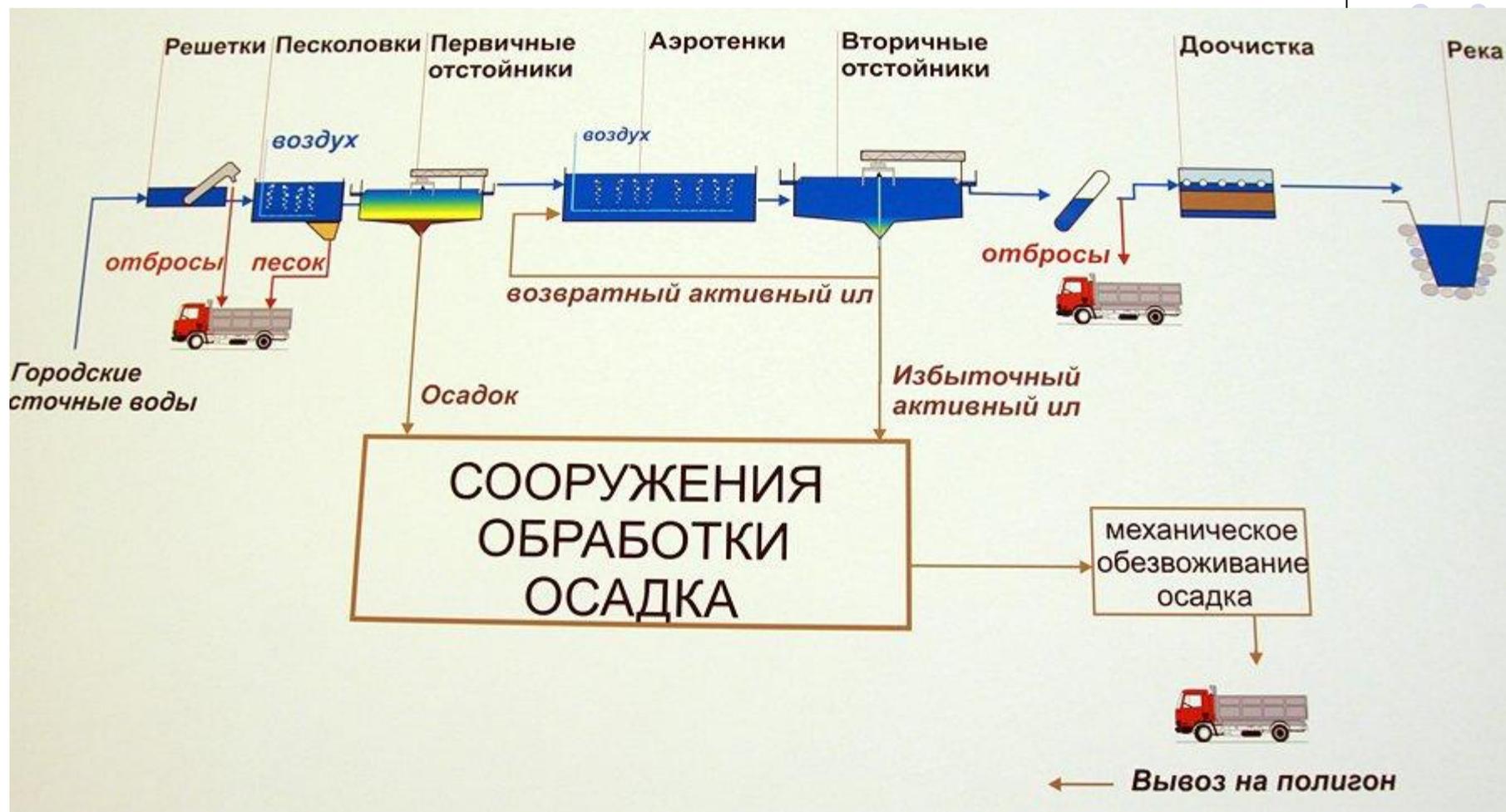


Рисунок 1.4.1: типичный суточный профиль водопотребления и потоков сточных вод в городах с населением больше, чем 50000 эквивалентных жителей

# Схема очистки сточных вод

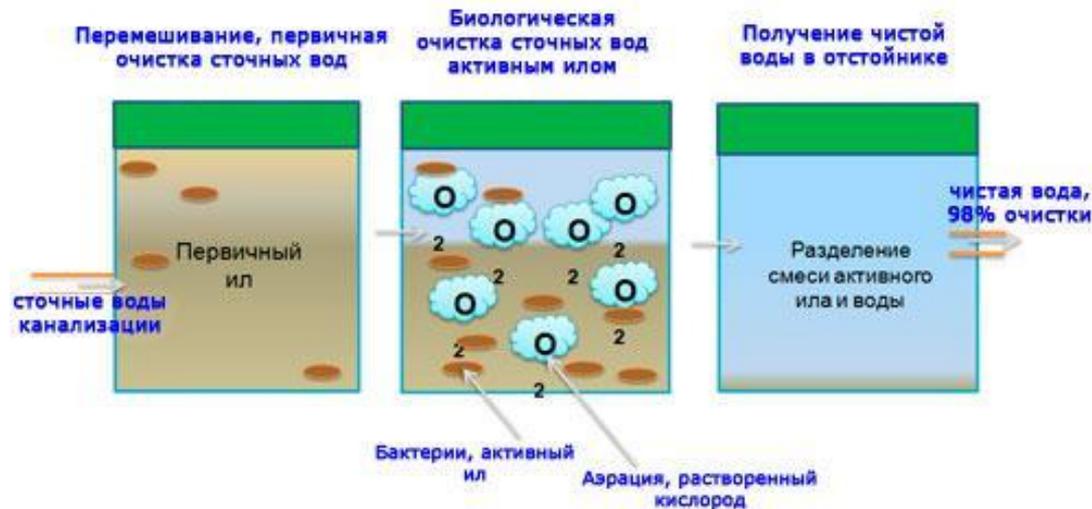


[http://www.journal.esco.co.ua/2012\\_2/art129.htm](http://www.journal.esco.co.ua/2012_2/art129.htm) - сайт с описанием очистных сооружений и процесса биоочистки Московской области

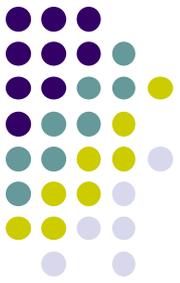


# Аэробная очистка

- В аэробных процессах очистки часть окисляемых микроорганизмами органических веществ используется в процессах биосинтеза, другая - превращается в безвредные продукты -  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$  и пр.
- Принцип действия аэробных систем биоочистки базируется на методах проточного культивирования



# Состав активного ила

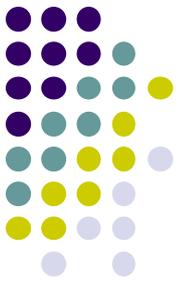


## Бактерии:

- окисляющие углерод флокулирующие бактерии - участие в деградации органических компонентов стоков и формирование стабильных флокулов, быстро осаждающихся в отстойнике с образованием плотного ила;
- окисляющие углерод нитчатые бактерии с одной стороны, образуют скелет, вокруг которого образуются флокулы; с другой, - стимулируют неблагоприятные процессы (образование пены и плохое осаждение);
- бактерии-нитрификаторы (*Nitrosomonas* и *Nitrobacter*) превращают восстановленные формы азота в окисленные:  
$$\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} \text{NO}_2^-$$
$$\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} \text{NO}_3^-$$

**Простейшие** потребляют бактерии и снижают мутность стоков, наибольшее значение среди них имеют инфузории (*Vorticella*, *Opercularia*).

# Аэробная очистка



- Методы очистки сточных вод с участием аэробных бактерий разделяются по типу емкости, в котором происходит окисление стоков.
- Емкостью може быть и биопруд, и биологический фильтр, и поле фильтрации. Однако суть самого метода очистки сточных вод, а именно минерализация органики остается неизменной.
- В **естественных условиях** очистка сточных вод происходит на полях фильтрации и в биопрудах.

# Поля фильтрации



- **Поля фильтрации**- это специальные участки, **отведенные для сброса загрязненных сточных вод** и заселенные почвенными аэробными бактериями.
- Сущность процесса очистки состоит в том, что при фильтрации сточных вод через почву в верхнем ее слое задерживаются взвешенные и коллоидные вещества, образующие на поверхности частичек почвы густозаселенную микроорганизмами пленку. Эта пленка адсорбирует на своей поверхности растворенные органические вещества, находящиеся в сточных водах. Используя кислород, проникающий из атмосферы в поры почвы, микроорганизмы переводят органические вещества в минеральные соединения.
- Так как с точки зрения кислородного режима верхние слои почвы (0,2—0,3 м) находятся в более благоприятных условиях, то именно в этих слоях и происходят наиболее интенсивное окисление органических веществ и процесс нитрификации. По мере углубления количество кислорода в почве быстро уменьшается и, наконец, наступает зона анаэробнозиса, где окисление органических веществ, проникающих сюда в виде растворов, происходит только за счет процесса денитрификации, так как в зону анаэробнозиса сточные воды попадают с большим запасом нитритов.

# Поля фильтрации



© <http://rkhamitov.livejournal.com/photo/album/271/?mode=view&id=11994&page=1>

# Биопруды

- **Биопруды** являются водными объектами, в которых созданы благоприятные для жизни микроорганизмов условия, такие как малая глубина, большое количество водорослей, насыщающих воду кислородом и т.п. Строительство биопрудов может быть использовано и для очистки производственных сточных вод, и для очистки рек, впадающих в водохранилища.
- Трудностью более широкого использования биопрудов и полей фильтрации является их сезонная работа, небольшая производительность по очистке стоков, необходимость отвода крупных площадей земли.



© <http://www.ing-seti.ru/?p=889>

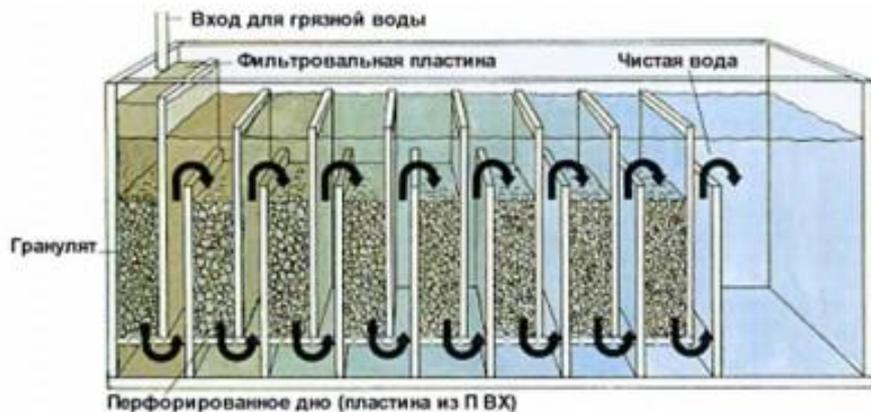


# Биофильтры



- **Биологический фильтр** - это заполненная крупно зернистым материалом емкость. На частицах данного материала живут колонии микроорганизмов.
- Биологические фильтры легче обслуживать, нежели аэротенки. Они более надежны и способны переносить перегрузки по загрязнению и объему сточных вод.
- Как для любых биологических сообществ, для устройств биологической очистки стоков существуют предельные концентрации загрязнений, при превышении которых микроорганизмы могут погибнуть.
- В процессе очистки сточных вод в биологических фильтрах обработка стоков микробами проходит в искусственных сооружениях. В данных сооружениях в течение длительного времени могут поддерживаться оптимальные параметры для жизни микроорганизмов - значения температуры, pH, концентрации кислорода в воде и т.д.
- **Очистка сточных вод в биологических фильтрах имитирует очистку микроорганизмами стоков на почве.**

# Биофильтры

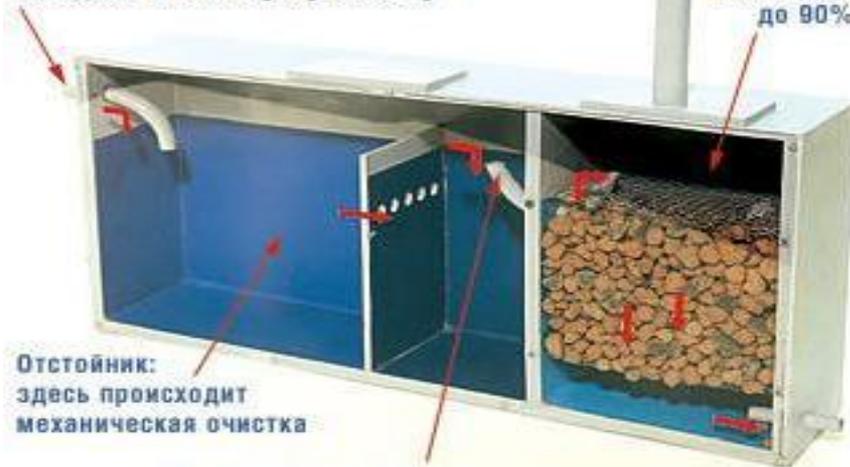


© [downloadsfitness.weebly.com](http://downloadsfitness.weebly.com)



Через эту трубу сточные воды попадают в очистную установку

в биофильтре вода очищается до 90%



Отстойник: здесь происходит механическая очистка

Из отстойника вода попадает в отдельный отсек, а затем – в биофильтр

©

<http://www.builderclub.com/statia/kanalizaciya-avtonomnaya-kanalizaciya-dlya-doma-biofiltr-i-aerotenk>

© <http://e-brus.ru/etapy-stroitelstva/185-avtonomnaya-kanalizaciya-doma>

# Аэротенки

- **Аэротенк** - это емкость глубиной до 5-6 метров, которая имеет устройство нагнетания воздуха. Внутри аэротенка живут колонии микроорганизмов - на хлопьях ила. Данные колонии перерабатывают органику сточных вод. После аэротенков чистая вода подается в отстойники. В отстойниках происходит осаживание активного ила с его последующим частичным возвращением обратно в резервуар.
- **Очистка сточных вод в аэротенках** аналогична очистке в водоемах

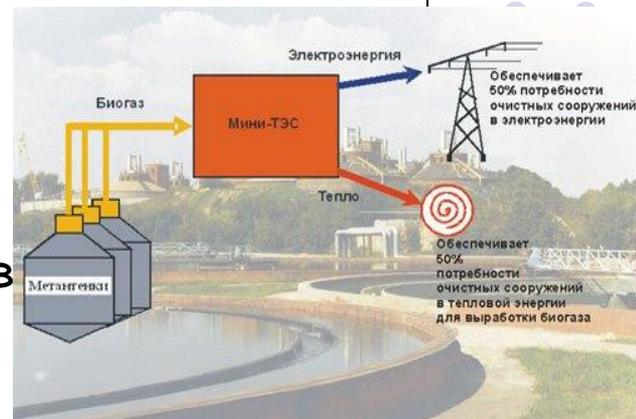


© <http://www.roscomsys.ru/press-center/news/?ID=1142>



# Анаэробные реакторы

- В случае, если сточные воды содержат высокие концентрации органики, наиболее перспективным методом очистки стоков является **анаэробный метод**. Преимущество данного метода очистки заключается в меньших эксплуатационных расходах, так как в этом случае нет необходимости проводить аэрацию воды.
- **Анаэробные реакторы**, как правило, представляют собой металлические резервуары, содержащие минимальное количество сложного нестандартного оборудования. Однако жизнедеятельность анаэробных микроорганизмов связан с выделением в воздух метана, что требует организации специальной системы наблюдения его концентрации.

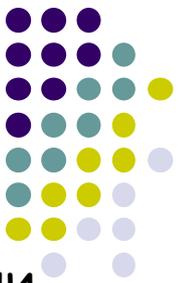


© [http://esco-ecosys.narod.ru/2012\\_2/art129.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2012_2/art129.htm)



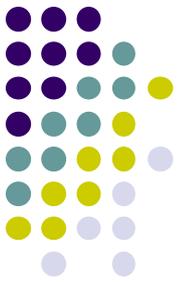
© <http://vodoprovod-24.ru/metantenki.html>

# Доочистка и утилизация стоков



- Указанные выше **методы очистки сточных вод** применимы, если концентрации определенных загрязняющих агентов не превышает допустимые величины. Как правило, необходимо проводить три-четыре ступени предварительной очистки стоков. Кроме этого для сброса очищенных сточных вод в водоемы после биоочистки бывает необходима их доочистка - например, при помощи озонирования.
- Существуют и так называемые **особые, некондиционные сточные воды**, которые проблематично очистить с использованием современных технологий очистки стоков. Данные сточные воды подвергаются утилизации - закачке в естественные подземные резервуары. Однако утилизация сточных вод подобным способом возможна лишь в том случае, когда используемый для утилизации стоков подземный горизонт изолирован от горизонтов, используемых для хозяйственного и питьевого водоснабжения.

# Очистка от углеводородов



- ❖ Бактерии родов *Rhodococcus* и *Nocardia* с успехом применяют для эмульгирования и сорбции углеводородов нефти из водной среды
- ❖ Для извлечения металлов из сточных вод широко используются штаммы *Citrobacter*, *Zoogloea*, способные накапливать уран, медь, кобальт
- ❖ Штаммы *Pseudomonas putida* несут катаболические плазмиды:
  - ОСТ расщепление октана, гексана, декана
  - ХУЛ - ксилола и толуола;
  - САМ - камфары
  - НАН - нафталина.
  - САМ и НАН сами способствуют своему переносу
- ❖ Получен «суперштамм», несущий плазмиды ХУЛ и НАН и гибридную плазмиду, содержащую части плазмид ОСТ и САМ

# Очистка от углеводов

